

Universidad de la República
Instituto Superior de Educación Física
Licenciatura en Educación Física
Seminario Tesina

“Cognición motora. La relación entre el movimiento, la experiencia corporal y la percepción de acciones”

Trabajo Final de Grado:

Impacto del uso de videojuegos de inmersión corporal sobre las capacidades coordinativas, variables fisiológicas y percepción del esfuerzo, en personas adultas con bajos niveles de actividad física semanal

Autores:

Santiago DEMINCO
Florencia PINTOS
Valentina VARGAS

Profesor tutor:

Sabrina CERVETTO
Departamento de Educación Física y Salud

Montevideo, diciembre, 2020

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	1
Índice de figuras y tablas	4
Glosario de abreviaciones	5
RESUMEN	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. ANTECEDENTES	8
3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
4. OBJETIVOS	14
General	14
Específicos	14
5. HIPÓTESIS	14
6. MARCO TEÓRICO	15
6.1. El Nintendo Wii®: actividad física no tradicional	15
6.2. Capacidades físicas y exergames	15
6.3. Actividad física, entrenamiento y plasticidad cerebral	16
6.4. Las capacidades coordinativas y sus sistemas de control	17
6.5. Equilibrio, la capacidad coordinativa a estudiar	21
7. RESEÑA METODOLÓGICA	22
7.1. Diseño	22
7.2. PROTOCOLO 1 - Valoración del esfuerzo	23
7.2.1. Sujetos	23
7.2.2. Pruebas y tests	23
Frecuencia cardíaca	23
Percepción subjetiva del esfuerzo	23
7.2.3. Procedimiento	24
7.2.4. Adquisición y procesamiento de datos	25
7.2.5. Análisis de datos	26
7.3. PROTOCOLO 2 - Capacidades coordinativas	26
7.3.1. Sujetos	26
7.3.2. Pruebas y tests	27
Test de equilibrio estático	27
Test equilibrio dinámico	27

Test equilibrio Wii Fit Plus	28
7.3.3. Procedimiento	28
7.3.4. Adquisición y procesamiento de datos	29
Equilibrio Estático (EqEst):	29
Equilibrio Dinámico (EqDin):	30
Equilibrio Wii (EqWii):	30
7.3.5. Análisis de datos	30
8. RESULTADOS	31
8.1. Protocolo 1 - Valoración del esfuerzo	31
FC Final:	31
Intensidad aeróbica (IA):	32
Percepción del esfuerzo:	33
8.2. Protocolo 2 - Capacidades coordinativas	35
Test de equilibrio estático	35
Test de equilibrio dinámico	36
Test básico de equilibrio Wii	37
9. DISCUSIÓN	41
9.1. PROTOCOLO 1- Valoración del esfuerzo	41
9.2. PROTOCOLO 2 - Capacidades coordinativas	43
9.2.1. Usos del Nintendo Wii	44
9.2.2 Limitaciones	45
10. CONCLUSIONES	47
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
11. ANEXO	56
i. Juegos	56

Índice de figuras y tablas

Figura 1. Tablas de la Escala de Borg

Figura 2- Imagen de la prueba de equilibrio dinámico

Figura 3- Imágenes de la prueba del test básico de equilibrio Wii Fit

Tabla 1- Valores de FCinicial, FCfinal, IA, RPE analizados en los 4 juegos.

Figura 4- Gráfico FC inicial y FC final de cada juego

Figura 5- Gráfico de los porcentajes intensidad aeróbica de cada juego

Figura 6- Gráfico percepción subjetiva del esfuerzo obtenida en los 4 juegos

Tabla 2. Puntajes medios de los test de equilibrio en protocolo 2.

Figura 7- Gráfico del porcentaje del rendimiento de los sujetos en el Test estático

Figura 8- Gráfico resultados puntaje del Test dinámico

Figura 9- Gráfico resultados puntaje del test equilibrio Wii

Figura 10- Resultados de la diferencia de tiempos de las rondas del Test Wii.

Figura 11 - Gráfico cantidad de rondas superadas por los sujetos en el Test Wii.

Tabla 3- Juegos Wii Fit usados en el protocolo.

Glosario de abreviaciones

ACSM - The American College of Sports Medicine

AVG- intervenciones de videojuegos activos

BNAVE- Balance Near Automatic Virtual Environment

DCD- trastorno de coordinación del desarrollo

DP- doble producto

eBaVir- easy Balance Virtual Rehabilitation

EqDin- Equilibrio dinámico

EqEst- Equilibrio estático

EqWii-Equilibrio Wii

FC- Frecuencia cardíaca

FC final- Frecuencia cardíaca final

FC inicial- Frecuencia cardíaca inicial

GC- Gasto cardíaco

Gcal- Gasto calórico

IA- intensidad aeróbica

PA- Presión arterial

PAD- Presión arterial diastólica

PAS- Presión arterial sistólica

POST- post-entrenamiento

PRE- pre-entrenamiento

RPE- percepción subjetiva del esfuerzo

RV- Realidad virtual

SD- Desvío estándar

SEBT- Prueba de Balance de la Excursión Estelar

VGA- Video Game Authority

RESUMEN

Beltran et al. (2011) define a los *exergames* como videojuegos activos que involucran movimientos corporales al ser jugados. Juca (2018) plantea que son una forma de actividad física y son parte de una tendencia mundial. Asimismo, Vargas (2008) plantea que los videojuegos están instalados en la sociedad. Esto justifica y representa una motivación para su estudio.

Esta investigación consta de dos protocolos experimentales en los cuales un grupo de adultos saludables y con bajos niveles de actividad física semanal, jugaron una serie de videojuegos de inmersión corporal. El propósito fue valorar el impacto físico que implica una modalidad de actividad física instalada y popularizada en la sociedad, a través de un set específico de videojuegos de la consola Nintendo Wii®.

En el protocolo 1, 13 participantes realizaron una única sesión de una hora de duración (4 juegos) y se evaluó su impacto en la frecuencia cardíaca, la intensidad aeróbica y la percepción del esfuerzo. La frecuencia cardíaca fue medida manualmente, al inicio e inmediatamente al final de cada juego. La intensidad aeróbica experimentada en cada juego fue calculada teóricamente. La percepción del esfuerzo se valoró aplicando la escala de Borg al final de cada juego.

Los resultados son similares a las evidencias previas, mostrando que los sujetos alcanzaron un rango de intensidad aeróbica categorizada como “Bajo” y una percepción del esfuerzo “Liviana”.

En el protocolo 2, 12 sujetos realizaron un entrenamiento de 3 sesiones y se evaluaron cambios en las capacidades coordinativas a través de los siguientes tests, los cuales fueron aplicados antes y después del entrenamiento: test de sharpened Romberg, test de equilibrio dinámico, y test básico de equilibrio Wii. Los resultados arrojaron una tendencia a la mejora en los puntajes, sin embargo dichos cambios no fueron significativos.

Se concluye que el presente estudio presenta un aporte novedoso, debido a la selección de juegos que trabajan las capacidades coordinativas y físicas, pudiendo ver el impacto motor de los mismos, cuantificando la intensidad, la FC y la RPE causado por ellos.

Palabras clave: videojuegos, exergames, equilibrio, frecuencia cardíaca, intensidad aeróbica, percepción subjetiva del esfuerzo.

1. INTRODUCCIÓN

La presente tesina se enmarca en el Seminario “Cognición motora: la relación entre el movimiento y la semántica de la acción”, correspondiente al Departamento de Educación Física y Salud, del Instituto Superior de Educación Física (ISEF), UDELAR. La misma se centró en estudiar el impacto del uso de videojuegos de inmersión corporal (*exergames*) sobre componentes motores y fisiológicos en una población saludable que presentaba bajos niveles de actividad física.

La elección de la temática se justifica en la diversidad de usos que presenta esta tecnología. En este sentido, destacamos tres grandes utilidades que se le dan a los *exergames*. Por un lado, existe un uso mayoritariamente recreativo. Por otro, existe un uso terapéutico para la neurorehabilitación. Y por último existe un uso como herramienta de estímulo y evaluación neuromotora en la investigación científica. Para todos estos usos, es importante conocer el impacto físico de esta herramienta. Pero particularmente, debido a que esta línea de investigación ha utilizado recientemente dicha herramienta para fines científicos, es que en este trabajo se buscó ampliar y profundizar la información existente con el propósito de potenciar su utilización en este campo.

2. ANTECEDENTES

Ruiz et al. (2018) plantean que los *exergames* hacen referencia a un nuevo formato de videojuego interactivo que combina la actividad física con el juego. Asimismo, Beltran et al. (2010) plantean que estos videojuegos activos implican la práctica de actividades físicas de distinto tipo e intensidad.

Cougo et al. (2017) expone que en los últimos años fueron lanzados al mercado videojuegos de inmersión corporal (particularmente el Nintendo Wii® en 2006), los cuales permiten la interacción del usuario con el juego a través de situaciones similares a la realidad sumado a un involucramiento corporal aumentado. Sin embargo, afirma que son pocos los estudios científicos que exploran acerca de las respuestas cardiovasculares y el gasto energético durante la práctica de estos ejercicios.

Ahondando en la búsqueda de investigaciones de temáticas similares, en primer lugar se halló un artículo, en el cual, el propósito de Deutsch (2011) fue describir el análisis de los juegos y el proceso de validación, presentando tablas que resumen los juegos de Nintendo® Wii Sports y Wii Fit, conteniendo éstas, una descripción y representación visual del juego, las capacidades que se trabajan y los controles que se usan. A partir de este artículo se obtuvo la información necesaria para caracterizar las capacidades trabajadas en los diferentes juegos en el presente estudio.

En nuestra revisión fueron halladas algunas investigaciones en las cuales se analizaron las respuestas fisiológicas y la percepción del esfuerzo al aplicar protocolos con *exergames*. La investigación de Souza et al. (2012), plantea que son escasas las investigaciones científicas acerca de las respuestas cardiovasculares agudas durante el esfuerzo físico impuesto por el Nintendo Wii®. Debido a esto justifican su trabajo, ya que el entendimiento acerca de las respuestas cardiovasculares durante el esfuerzo físico, es fundamental para la elaboración de estrategias de obtención de parámetros que permiten ajustar el entrenamiento para la seguridad del practicante, especialmente cuando sus condiciones clínicas implican mayores riesgos. Además justifican que la realidad virtual (RV) se halla como promotora de los contenidos de la práctica de actividad física, permitiendo nuevas posibilidades de sistematización del ejercicio y del movimiento. El objetivo de esta investigación, fue analizar las respuestas cardiovasculares agudas, monitoreadas a través del comportamiento de la

frecuencia cardíaca (FC), la presión arterial sistólica (PAS), la presión arterial diastólica (PAD) y el doble producto (DP, calculado como el producto entre PAS y la FC), en un entorno simulado por la consola de Nintendo Wii®. Su población de estudio fueron 18 estudiantes universitarios sanos, con un promedio de 22 años. Se compararon las variables antes y después de un juego que consistía en recrear el movimiento de tiros de baloncesto, en dos situaciones experimentales: (I) con el voluntario sentado y (II) con el voluntario saltando verticalmente. Los resultados obtenidos sugieren que la práctica de actividad física en un entorno virtual emulado por la Nintendo Wii® es capaz de alterar las respuestas cardiovasculares agudas, especialmente cuando se realiza en asociación con saltos verticales. Los resultados sustentan la viabilidad del uso del Nintendo Wii® en programas de entrenamiento y deben ser considerados como una fuente inicial para la formulación de protocolos de entrenamiento sugiriendo que nuevos estudios sean conducidos mejor para aclarar este fenómeno.

Complementando el análisis de las variables fisiológicas restantes, Cougo et al. (2017) tuvieron como objetivo de estudio, el análisis del comportamiento de las variables de FC, presión arterial (PA), DP, la sensación subjetiva del esfuerzo (RPE) y el gasto calórico (GCal), durante una sesión de ejercicios físicos con el Nintendo Wii Fit®, en una población de hombres y mujeres saludables con una edad entre 18 y 30 años. La sesión de ejercicios duró 45 minutos y estuvo compuesta por 9 juegos. El propósito de esta investigación, justifican estos autores, es que son escasos los estudios científicos acerca de las respuestas cardiovasculares agudas y el gasto energético durante la práctica de ejercicios realizados con el Nintendo Wii®. Según los autores, debido a que la actividad física puede ser un factor esencial para la mejora o mantenimiento de la calidad de vida, la utilización del Nintendo Wii® con este propósito, se torna una forma alternativa de realizar ejercicios físicos aliado a la diversión.

Como primer paso, se dividieron los juegos en 3 categorías: Aeróbicos (Basic step, Hula hop, Island cycling, Free run), de Fuerza (Rowing squat, Lunge, plank) y Yoga (Warrior y Palm tree). Dentro de estos juegos, el Hula hop coincide con uno de los seleccionados en este trabajo, por lo que podrán ser comparados más adelante.

Al final de cada juego, así como al final de la sesión, se midieron las variables de estudio (FC, PA, DP y la RPE). Los resultados obtenidos en este trabajo, corroboran que tanto los juegos caracterizados como estáticos o dinámicos, la PAS y la FC del grupo investigado

presentaron valores significativamente superiores a los obtenidos en reposo. Para el resultado del GCal, se utilizó la información de dos equivalentes metabólicos (MET's) de cada actividad proporcionada por el propio juego mediante la siguiente fórmula:

$$\text{GCal (kcal/min)} = (\text{MET} \times 3,5 \times \text{MC em kg})/200$$

En la discusión planteada por Cougo et al. (2017), la misma justifica al Nintendo Wii® como actividad física, ya que los valores obtenidos del GCal (190,2 Kcal durante los 45 minutos de realización), se encuentran dentro de las recomendaciones de salud (150-400 kcal/día a través de una actividad con ejercicio físico). Plantean además que otros estudios que han analizado el GCal y FC luego de 3 juegos y 30 min en total, obtuvieron resultados semejantes, GCal 226,07 +- 48,68 kcal. Por último, a partir de los resultados obtenidos, concluyen que una sesión de entrenamiento de 45 minutos realizada con el Nintendo Wii Fit® es capaz de generar alteraciones cardiovasculares de forma aguda y proporciona un GCal dentro de lo recomendado por ACSM (American College of Sports Medicine). Siendo así que el uso de esta tecnología de forma estructurada sistemática y regular, puede ser una herramienta alternativa para la mejora de la aptitud física relacionada a la salud.

Cómo último antecedente, se halló la investigación de Brito-Gomes et al. (2018) en la cual el objetivo fue examinar la objetividad y concordancia entre la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE-Borg 6-20) y la FC en diferentes juegos de VGA (Video Game Authority) en la consola XBOX 360°. Justifican su propuesta debido a los pocos estudios realizados con estos juegos, en la tentativa de conocer cuánto es el esfuerzo percibido por sus practicantes y su concordancia con las respuestas fisiológicas. Participaron 8 estudiantes adultos jóvenes (promedio de 21 años), que realizaron una sesión de VGA randomizada tomando las medidas de FC y RPE en los minutos 5 y 10. En la sesión se jugaron 4 juegos de 10 min cada uno, (sesión total 70 min). Entre juego y juego hubo una pausa de reposo pasivo de 5 minutos. El registro de la FC fue realizado con monitor cardíaco, registrando automáticamente minuto a minuto. La escala de Borg fue tomada 2 veces en cada uno de los juegos, siendo la primera en el minuto 5 y la otra en el 10. Los valores relatados fueron multiplicados x 10 para equiparar con los valores de la FC. Mediante los resultados obtenidos, concluyen que la RPE y la FC pueden ser utilizadas para controlar la intensidad de los videojuegos activos porque presentan objetividad y concordancia.

En relación a las capacidades coordinativas, se hallaron varias investigaciones cuyos resultados fueron positivos. La investigación de Rohenkohl (2011) se utiliza como principal antecedente, ya que se asemeja al presente estudio, debido a que trabaja con las mismas herramientas (el videojuego Wii Fit Plus® y la plataforma con sensores de presión denominada *balance board*®) y aplica su protocolo a una población joven y saludable. El objetivo de dicho estudio fue verificar si la práctica de los juegos interactivos Wii Fit Plus®, promovía cambios en el equilibrio unipodal de un grupo de gente joven ($n=5$). Se realizó previo y posterior a la sesión de entrenamiento (frecuencia de dos veces por semana, durante el período de cuatro semanas, duración entre 25 y 35 min), un test de evaluación dinámica del equilibrio a través de la Prueba de Balance de la Excursión Estelar (SEBT), la cual mide la capacidad del participante para mantener el equilibrio corporal, mientras intenta llegar lo más lejos posible con una extremidad contralateral. Los resultados de esta investigación mostraron ganancias significativas de equilibrio unipodal en los participantes después de la práctica con Nintendo Wii Fit Plus®, y los mayores beneficios se encontraron en el miembro no dominante.

El estudio de Nilsagard (2012) utiliza las mismas herramientas y trabaja sobre el equilibrio pero en un grupo de personas con esclerosis múltiple. Se buscó evaluar los efectos de un programa de ejercicios de equilibrio Nintendo Wii Fit® sobre la función de equilibrio y la marcha. El entrenamiento fue de 12 sesiones de 30 min, 2 veces por semana por 6-7 semanas. Los resultados obtenidos fueron que un programa de ejercicio de equilibrio supervisado, que utiliza Nintendo Wii Fit®, no generó diferencias estadísticamente significativas, pero presentó efectos moderados para varias medidas del rendimiento del equilibrio.

En tercer lugar, en el estudio de Gil-Gómez et al. (2011) se presentó un sistema basado en el Nintendo Wii® y la *balance board*®: eBaVir (easy Balance Virtual Rehabilitation), diseñado por terapeutas clínicos para mejorar el equilibrio de pie en pacientes con daño cerebral adquirido, a través de ejercicios de motivación y adaptación. Este estudio describe el sistema eBaViR y evalúa su efectividad, considerando 20 sesiones de una hora de rehabilitación de realidad virtual ($n=9$) versus rehabilitación estándar ($n=8$). La efectividad se evaluó mediante las escalas de equilibrio estático y dinámico tradicionales. Para el equilibrio estático se usaron: Berg Balance Scale, Brunel Balance Assessment and the

Anterior Reach Test. Para el equilibrio dinámico se utilizaron: Timed Stair Test, the Stepping Test, the 1- minute Walking Test, the 10-meter Walking Test, the Time “Up and Go” Test, and the 30-second Sit-to Stand Test. Los pacientes que usaron eBaViR tuvieron una mejora significativa en el equilibrio estático en comparación con los pacientes que se sometieron a la terapia tradicional. Con respecto al equilibrio dinámico, los resultados mostraron una mejora significativa en el tiempo en todas estas medidas y pero no hubo diferencias significativas entre grupos. Los resultados sugieren que eBaViR representa una alternativa segura y efectiva al tratamiento tradicional para mejorar el equilibrio estático en la población con daño cerebral adquirido.

Por otro lado, se encontraron dos investigaciones en las cuales se utilizaron métodos de videojuegos activos y realidad virtual. En el primero, el artículo de Straker et al. (2015), se demostró que las intervenciones de videojuegos activos (AVG) mejoran las habilidades motoras en niños ($n=21$) con trastorno de coordinación del desarrollo (DCD). Las conclusiones a las que se llegaron fueron, que no hubieron diferencias significativas entre las habilidades de los niños con DCD después de una intervención AVG de 16 semanas y un período de 16 semanas sin intervención. Sin embargo, los niños percibieron habilidades motoras mejoradas al completar el período AVG en comparación con el período sin intervención. Por lo tanto, AVG en el hogar puede tener implicaciones positivas para los niños con DCD, a pesar de que no hay un cambio inmediato en la coordinación motora.

Por último, se encontró la investigación de Peñasco et al. (2010), la cual no trabajó con el Nintendo Wii®, ni con una población sin patologías, pero concluye que la neurorrehabilitación mediante realidad virtual podría inducir reorganización cortical, la cual desempeña un papel fundamental en la recuperación de la capacidad motora.

3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los *exergames* se han vuelto muy populares en los últimos años. Juca (2018) plantea que “el uso de los *exergames* como una nueva plataforma para complementar la actividad física con videojuegos, es parte de una tendencia a nivel mundial” (p.150)

Siguiendo esto y a partir de los antecedentes encontrados, se reconoce que todos los estudios anteriormente mencionados, concluyen que los juegos de inmersión corporal se presentan como una herramienta novedosa y de gran proyección en la neurorrehabilitación, pudiendo además ser una fuente inicial para la formulación de protocolos de entrenamiento. Asimismo, los estudios realizados con sujetos saludables arrojan resultados positivos en la mejora del equilibrio y las habilidades motoras.

Sin embargo, estos mismos autores plantean la carencia de evidencias científicas en torno a los efectos motores y fisiológicos del uso de videojuegos de inmersión corporal. Por este motivo, el presente estudio pretende implementar y evaluar la aplicación de un set específico de videojuegos que no sólo trabajan las capacidades físicas (resistencia aeróbica), sino también las coordinativas (coordinación y equilibrio). Para esto se diseñaron dos protocolos distintos:

El protocolo 1, consta de una única sesión de una hora efectiva de juego (4 juegos) y se miden la FC y la RPE. El protocolo 2, consta de un entrenamiento de tres sesiones y se evalúan cambios en las capacidades coordinativas a través de tres tests (sharpened Romberg, equilibrio dinámico, básico de equilibrio Wii).

Destacamos como aporte novedoso, la implementación de una combinación de juegos que integran varias capacidades, así como también, el análisis de una variable no reportada en trabajos previos, como es la intensidad aeróbica.

4. OBJETIVOS

General

- Aplicar una propuesta específica de ejercicios mediante el uso de videojuegos de inmersión corporal, integrando juegos que implican: coordinación, coordinación oculo-manual, equilibrio, resistencia y fuerza, en sujetos saludables con bajos niveles de actividad física.
- Evaluar el impacto de dicha propuesta sobre las capacidades coordinativas y variables fisiológicas.

Específicos

- Analizar la modificación de la frecuencia cardíaca y percepción subjetiva del esfuerzo como consecuencia de una única sesión de videojuegos.
- Analizar posibles modificaciones adaptativas de las capacidades coordinativas (valorando fundamentalmente el equilibrio a través de 3 tests) luego de un período de entrenamiento de 3 sesiones.

5. HIPÓTESIS

Considerando la evidencia previa, hipotetizamos que la propuesta de ejercicios diseñada en el presente trabajo (la cual aborda capacidades similares a la de dichos antecedentes) mediante la utilización del videojuego Wii Fit®, conllevará a cambios en las variables estudiadas. En particular:

1. Una sesión de videojuegos implicará un impacto cardiovascular reflejado en un aumento de la FC que estimulará la capacidad aeróbica, en concordancia con el esfuerzo percibido por los sujetos.
2. Un período de 3 sesiones de videojuegos conllevarán a mejoras en las capacidades coordinativas, viéndose reflejado en mejoras de los puntajes de los tests aplicados.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. El Nintendo Wii®: actividad física no tradicional

El Nintendo Wii® se trata de un videojuego de inmersión corporal. Trujillo et al. (2013) plantean que “los *exergames*, pretenden estimular la movilidad del cuerpo entero mediante el uso de ambientes interactivos con experiencias inmersivas que simulan diferentes sensaciones de presencia” (p.126). A su vez, este tipo de videojuegos, contienen sonidos y efectos visuales que tornan a la situación más inmersiva, utilizando comentarios alentadores y de corrección, música de fondo constante y rítmica en todo el transcurso de la rutina.

Souza et al. (2013) plantean que se ha notado la viabilidad del Nintendo Wii® para la práctica corporal mediante inmersión, interacción y participación del usuario con dispositivos multisensoriales, y que esto permite la interacción perceptiva y el desarrollo de habilidades sensoriales y motoras.

En suma, los *exergames* son juegos que necesitan del movimiento activo del jugador para cumplir las tareas, y en consecuencia esto causa una alteración fisiológica y biomecánica del individuo.

6.2. Capacidades físicas y exergames

Juca (2018) plantea que “los *exergames* involucran ejercicios físicos de entrenamiento cardiovascular, para mantener el equilibrio y la coordinación” (p.150) Asimismo, Barbany (2002) plantea que al jugarlos se manifiesta el aumento de la frecuencia cardiaca y el consumo de oxígeno, lo cual se traducirá en el desarrollo de las capacidades funcionales (y evidentemente cardiorrespiratorias).

La resistencia aeróbica es una capacidad física condicional, las cuales según Mora (1989) son condiciones internas de cada organismo, determinadas genéticamente, que se mejoran por medio de entrenamiento o preparación física y permiten realizar actividades motrices, ya sean cotidianas o deportivas. En cuanto a la resistencia aeróbica, se trata de ”la capacidad del organismo que permite prolongar el mayor tiempo posible un esfuerzo de intensidad media”. (Sáez, 2007, p.13) Complementando esta idea, Wilmore y Costill (2004) plantean que es la capacidad cardiorrespiratoria que hace referencia a la capacidad de resistencia a la fatiga

durante actividades en la que la resíntesis de ATP se produce fundamentalmente por medio del metabolismo aeróbico.

En cuanto a la valoración del esfuerzo durante la puesta en marcha de estos juegos, el mismo puede ser de carácter objetivo (FC, L, VO₂), o subjetivo (RPE). Según Wilmore y Costill (2004) la FC se muestra como un indicador más sencillo que permite controlar la intensidad del ejercicio.

Por otra parte, como indicador subjetivo del esfuerzo existe la escala de Borg de esfuerzo percibido para medir la RPE, la cual mide la gama entera del esfuerzo que el individuo percibe al hacer ejercicio. La misma es una valoración subjetiva que indica la opinión del sujeto respecto a la intensidad del trabajo realizado (Morgan, 1973 citado en Burkhalter, 1996). El sujeto que hace el ejercicio debe designar un número del 6 al 20, para representar la sensación subjetiva de la cantidad de trabajo desempeñado. A cada número le corresponde una explicación verbal que simboliza el grado de intensidad del ejercicio.

La intención original de Borg (1985) fue relacionar medidas objetivas de trabajo físico con medidas subjetivas con un alto grado de fiabilidad, y construyó una escala del 6 al 20 donde los niveles de la misma eran aproximadamente una décima parte de la frecuencia cardíaca para niveles de ejercicio escalados equivalentes. Estableciendo así una correlación entre el valor RPE y la FC. Los estudios de Borg (1970), comprobaron que el nivel de RPE tiene una predicción tan fidedigna de la intensidad del ejercicio como el nivel de la frecuencia cardíaca. La reproductibilidad de la capacidad de trabajo basada en el RPE es tan buena como la de la FC. Borg (1962) en su estudio original ya apreciaba esta correlación de 0,85 entre estas dos variables y en otros trabajos de investigación dicha correlación se fijaba entre un 0,80 a 0,90.

A raíz de esto, es que en la presente investigación se tomaron los datos de la FC y la RPE para evaluar el esfuerzo físico y observar su comportamiento ante los diferentes juegos.

6.3. Actividad física, entrenamiento y plasticidad cerebral

En primer lugar, Sohlberg & Mateer (2001) (citado en González, 2012, p.16) plantean que los estudios en neurociencia dejan en claro la capacidad del cerebro de cambiar su

estructura y su configuración. A esta capacidad se la denomina plasticidad cerebral, y Sarnat (1992) hace referencia a la misma como la “adaptación funcional del sistema nervioso central para minimizar los efectos de las alteraciones estructurales o fisiológicas sea cual fuere la causa originaria” (Citado en Pascual-Castroviejo, 1996, p. 1361). Este concepto correspondería cognitivamente, a la capacidad de aprendizaje a través de la experiencia (Zamarrón et al., 2009), así como a la mejora de rendimiento cognitivo tras el entrenamiento (Jones, et al., 2006). La plasticidad cerebral llevaría a mejorías cognitivas tras el entrenamiento de las mismas (Greenwood & Parasuraman, 2010). A partir de ello se deduce que, cuando las nuevas experiencias incluyen el entrenamiento cognitivo o físico, éstas podrían modificar la configuración cerebral (plasticidad neuronal) e impulsar la plasticidad cognitiva.

6.4. Las capacidades coordinativas y sus sistemas de control

Apuntando hacia la mejora de las capacidades coordinativas de los individuos, se hace necesario saber qué sistemas están involucrados en el control postural y del equilibrio.

Siguiendo a Sanz et al. (2004) “el control postural depende de la función coordinada de los sistemas visual, somatosensorial y vestibular” (p.2). Por lo tanto es necesario el estudio de cada uno de ellos para una correcta valoración del equilibrio.

En primer lugar, el sistema visual contribuye a la orientación espacial y la percepción de automoción. “La información visual más importante debe aportar datos acerca de la estructura tridimensional del entorno, por lo que es importante la iluminación del mismo, la complejidad de sus componentes, y la adaptación” (Sanz et al., 2004, p.10). Es entonces, que los cambios en el entorno visual pueden provocar alteraciones del equilibrio.

En segundo lugar, el sistema sensorial es parte del sistema nervioso y se encarga de procesar la información sensorial, siendo los cinco sentidos, los principales sistemas sensoriales, los cuales proporcionan a nivel interno exhibiciones del mundo exterior. La información integrada por este sistema, nos permite mantener la postura, el equilibrio, mover el cuerpo, las extremidades, los ojos y comunicarnos por medio del habla y los gestos (Kandel, 1997).

Más específicamente, existe el sistema somatosensorial (somatosensitivo), el cual

engloba toda la información mecanorreceptiva (propiocepción), termorreceptiva (tacto y temperatura), dolorosa, lumínica y química derivada de la periferia. Contiene neuronas receptoras primarias, localizadas en la piel y otros tejidos del cuerpo, que transforman la energía del estímulo en fenómenos neurales. (Kandel, 1997, p.349).

Este sistema contiene “receptores cutáneos, óseos, musculares, tendinosos y articulares. Los receptores que detectan la sensación de posición, movimiento y tensión son los habitualmente denominados propioceptores” (Fort & Romero, 2013, p.71). Por lo tanto es importante no confundir el término somatosensorial con el de propiocepción, ya que este último es un subcomponente del primero.

En tercer lugar, el sistema vestibular según Purves (2015) procesa la información sensitiva que subyace a las respuestas motoras y percepciones del propio movimiento, la posición cefálica y la orientación espacial en relación con la gravedad, lo que ayuda a estabilizar la mirada, la cabeza y la postura. Este sistema es clave en los reflejos posturales y los movimientos oculares y junto con el sistema visual, desempeña un papel central en nuestra percepción de la orientación espacial. El mismo da origen a la percepción, donde se ven afectados el equilibrio, la estabilización de la mirada durante el movimiento cefálico y el sentido de orientación en el espacio si el sistema se daña.

Este sistema proporciona información acerca del movimiento y la posición del cuerpo en el espacio. Purves (2015) plantea que el procesamiento vestibular es propiamente multisensorial: las aferencias provenientes de todos los órganos vestibulares se integran con las aferencias de los sistemas visual y somatosensitivo para favorecer la percepción de la posición y la orientación del cuerpo en el espacio.

Por otro lado, simultáneamente el sistema motor, (Kandel, 1997) realiza una acción contraria a la de los sistemas sensoriales, dado que, traduce las señales neurales en fuerzas contráctiles en los músculos, con la finalidad de producir los movimientos; mientras que el sensorial transforma la energía física en señales neurales. Los sistemas motores son los encargados de colaborar en planificar, coordinar y ejecutar movimientos.

Dentro del sistema motor se distinguen tres clases de movimientos: las respuestas reflejas, los patrones rítmicos y los movimientos voluntarios. Estos últimos, se tratan de los más complejos, ya que son propositivos y aprendidos. Al ser aprendidos y pudiendo ser

mejorados con la práctica, se requerirá menos control consciente cuanto más se dominen. Es importante destacar este último punto ya que el mismo se trata de los cambios a nivel motor.

El sistema motor, cuenta con “un flujo continuo de información sensorial sobre lo que pasa en el entorno, la posición y orientación del cuerpo y las extremidades y el grado de contracción de los músculos” (Kandel, 1997, p.526). Lo que hace este sistema es usar esa información para seleccionar la respuesta apropiada y para realizar ajustes durante el desarrollo del movimiento.

Asimismo, Kandel (1997) plantea que existen tres niveles de control motor que sirven para integrar estos tres aspectos en actos reflejos y voluntarios. Los mismos son la médula espinal, los sistemas descendentes del tronco del encéfalo y las áreas motoras del córtex motor. Éstos están organizados tanto jerárquicamente como en paralelo, igual que los sistemas sensoriales.

El segundo nivel, el tronco del encéfalo, contiene dos sistemas neurales paralelos: “el medial y el lateral, cuyos axones proyectan y regulan a las redes de interneuronas de la médula espinal y a las motoneuronas necesarias para las conductas” (Kandel, 1997, p.527).

Siguiendo con el autor, el mismo plantea que los sistemas mediales controlan la postura integrando la información visual y la vestibular con los inputs somatosensoriales. Mientras que los laterales controlan los músculos distales de las extremidades, siendo importantes para los movimientos específicos dirigidos hacia un objetivo concreto.

El nivel superior está constituido por tres áreas del córtex cerebral: el córtex motor primario, el área premotora lateral y el área motora suplementaria. “Las áreas premotora y motora suplementaria, son importantes para la coordinación y la planificación de secuencias de movimientos complejos, reciben información de las áreas corticales de asociación parietal posterior y prefrontal y proyectan al córtex motor primario” (Kandel, 1997, p.527).

Es importante destacar que además de estos tres niveles jerárquicos existen otras dos estructuras encefálicas que regulan también la función motora, controlando los sistemas motores corticales y troncoencefálicos: el cerebelo y los ganglios basales. El primero “mejora la agudeza del movimiento mediante la comparación de las órdenes motoras descendentes con la información sobre la acción motora resultante” (Kandel, 1997, p.534). Este órgano, además de mantener la postura y el equilibrio adecuados, interviene en el aprendizaje y en la práctica de movimientos rápidos, coordinados, de alta precisión. Además está involucrado en funciones que van más allá del solo control motor, tal como aquellos relacionados con la

cognición. Por otro lado, los ganglios basales “reciben inputs de todas las áreas corticales y proyectan a las áreas del córtex frontal que están relacionadas con la planificación del movimiento”(Kandel, 1997, p.534).

En cuanto a la integración de la función sensitiva y motora, en primer lugar la información es captada por los receptores sensoriales e ingresa por las vías aferentes. Luego esta es interpretada en las áreas sensitivas primarias; la corteza sensitiva primaria comprende el área somatosensitiva, visual y auditiva. Desde allí la información es transferida al área sensitiva de asociación unimodal, la cual conforma un centro integrador para dichas informaciones sensoriales, de una única modalidad sensorial. Desde estas áreas unimodales “se proyectan a su vez a las áreas de asociación multimodales, que integran la información de más de una modalidad sensorial”(Kandel, 1997, p.350). Existen tres áreas de asociación multimodales importantes: La primera de ellas es el área de asociación posterior, la cual “vincula información de diversas modalidades sensitivas para la percepción y el lenguaje”(Kandel, 1997, p.350). La segunda es el área de asociación límbica, que “se ocupa de las emociones y del almacenamiento de la memoria” (Kandel, 1997, p.350). Por último, y más relevante en el presente proyecto, está el área de asociación anterior (corteza prefrontal), “que se ocupa de la planificación de los movimientos” (Kandel, 1997, p.350).

Continuando con el autor, plantea que las funciones más importantes de las áreas de asociación prefrontales son ponderar las consecuencias de las acciones futuras y planificar y organizar las acciones de acuerdo con ello. Para seleccionar las respuestas motoras apropiadas entre las múltiples elecciones disponibles, los lóbulos frontales tienen que integrar la información sensorial interna y externa. La corteza premotora se ubica en este lóbulo y el mismo se relaciona con la necesidad de controlar y coordinar los procesos cognitivos y conductuales más complejos. “La corteza premotora genera programas motores que pasan a la acción a través de las proyecciones a la corteza motora” (Kandel, 1997, p.356). Así, las neuronas de la corteza motora se activan para generar movimientos.

Por último, este autor plantea que el pensamiento consciente, la percepción y acción dirigida a objetivos pertenece a estas áreas, ya que se encargan de integrar la información sensorial a la planificación de los movimientos.

A raíz de esto, el control postural, el equilibrio y la coordinación dependen de la función coordinada de estos sistemas.

6.5. Equilibrio, la capacidad coordinativa a estudiar

En primer lugar, la coordinación y el equilibrio forman parte de las capacidades coordinativas. Massafret & Segrés (2010) definen a las mismas, como el conjunto de capacidades que favorecen la eficiencia y la adaptación del movimiento a las condiciones del entorno, a través de la estrecha relación del Sistema Nervioso Central y la musculatura esquelética. En cuanto a la coordinación en sí, se la entiende por un lado, en fisiología como “la regulación armónica de la actividad de las diferentes partes que intervienen en una función para que sus efectos se sumen o sucedan, según convenga al resultado de la función, pero no se contrarresten” (Larousse, 2000 citado en Solana, 2011, p.128). Mientras que desde el punto de vista neurológico, se la entiende como “el conjunto de mecanismos de regulación que permite la adaptación postural y el movimiento voluntario gracias al juego armonioso de los músculos agonistas y antagonistas, de su contracción y decontracción” (Larousse, 2000 citado en Solana, 2011, p.128).

En suma, la coordinación es:

la organización de todos los procesos parciales de un acto motor en función de un objetivo motor preestablecido. Dicha organización se ha de enfocar como un ajuste entre todas las fuerzas producidas, tanto internas como externas, considerando todos los grados de libertad del aparato motor y los cambios existentes de la situación. (Grosser, 1991 p.192)

Por otro lado, el equilibrio es la capacidad de mantener la posición del cuerpo sobre su base de sustentación (Lopes 1996 en de Vasconcelos, 2009, p.25), ya sea estático o en movimiento, (De Vasconcelos, 2009, p.24) y depende la integración de los sistemas antes mencionados (el sistema vestibular, el sistema somatosensorial y la visión), siendo el primero el responsable del mantenimiento del equilibrio en general.

Se denomina equilibrio postural

a la condición en que todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo están balanceadas de manera que el centro de gravedad está relativamente controlado dentro de la base de sustentación. Este control es reactivo y actúa frente a la detección temprana de inestabilidad, potenciando la activación de cadenas musculares pre programadas (sinergias) que responden a estímulos desestabilizantes, manteniendo así el equilibrio. (Arenas, 2014, p.18)

Es además, una habilidad proactiva y adaptativa de organización central basada en experiencias previas y en la repetición de tareas que el sistema nervioso aprende a realizar a través de otros sistemas, asociados a la biomecánica, ajustes posturales anticipatorios,

reacciones posturales y aferencias sensoriales (Arenas, 2014). Es importante destacar este último aspecto, ya que hace referencia a los cambios a nivel motor en cuanto al equilibrio.

Por último, el equilibrio puede ser estático o dinámico. El primero es “la cualidad sensorial especial del sujeto en la que el centro de gravedad de su cuerpo está en el interior de la base de sustentación” (Minkevich, 2015, p.86). Mientras que el segundo, es “la capacidad de mantener la estabilidad del cuerpo desde posturas estables e inestables, modificando su posición en el espacio (Mirallas, 2010, p.13).

7. RESEÑA METODOLÓGICA

7.1. Diseño

El presente estudio se basa en una metodología científica, de corte cuantitativo. El mismo presenta un diseño experimental, ya que manipula variables independientes para observar el efecto que éstas tienen sobre variables dependientes (Hernández-Sampieri et al. 2010). El protocolo uno es de carácter transversal y el protocolo dos es prospectivo, dado que se mide un antes y un después.

A su vez, es de corte descriptivo, ya que fundamentalmente pretende medir de manera independiente los conceptos o las variables a las que se refieren, más que analizar cómo éstas se relacionan (Hernández-Sampieri et al., 2010).

En cuanto al tipo de muestreo, el mismo es no probabilístico por conveniencia, es no aleatorio y se utiliza para la creación de muestras de acuerdo a la facilidad de acceso. La misma es elegida de acuerdo a la conveniencia del investigador.

Se realizaron dos protocolos experimentales que se describirán separadamente: 1) Valoración del esfuerzo, y 2) Capacidades coordinativas. Al llegar a la sesión de entrenamiento de dichos protocolos, se recolectaron los datos personales (edad, sexo, fecha de nacimiento, horas promedio actividad física semanal, exposición a videojuegos de acción, presencia de enfermedades neurológicas, psiquiátricas, o problemas auditivos) de los participantes y se informó a los mismos el protocolo a seguir, explicando el funcionamiento básico de los controles de la consola Nintendo Wii® junto a las medidas de seguridad a tener en cuenta al jugar.

Para seleccionar a los sujetos experimentales, hubo criterios de inclusión/exclusión: se reclutaron personas entre 16 a 35 años; con una carga semanal de actividad física de hasta 3 horas semanales; una carga de uso de videojuegos de acción menor a 3hs semanales; ausencia de afecciones físicas que limitaran su capacidad física a la hora de jugar videojuegos de acción.

7.2. PROTOCOLO 1 - Valoración del esfuerzo

7.2.1. Sujetos

La muestra correspondió a trece sujetos que realizaron este protocolo con un promedio de edad de 23,5 (4,1) años y un rango de 16 a 31 años.

7.2.2. Pruebas y tests

Se midió la frecuencia cardíaca y la percepción subjetiva del esfuerzo.

Frecuencia cardíaca

La frecuencia cardíaca se midió tomando el pulso manualmente en la arteria radial, siguiendo el protocolo de MedlinePlus¹ que se detalla a continuación:

1. Coloque las puntas de los dedos índice y medio en la parte interna de la muñeca por debajo de la base del pulgar. El brazo debe estar extendido con la palma de la mano hacia arriba
2. Presione ligeramente. Usted sentirá la sangre pulsando por debajo de los dedos.
3. Use un reloj y cuente los latidos que siente durante un minuto. O durante 30 segundos y multiplique por dos.

Percepción subjetiva del esfuerzo

Por otro lado, la percepción subjetiva del esfuerzo se midió mediante la escala RPE de Borg (1990). Se utilizó una versión en español traducida por los autores de éste trabajo. Las instrucciones para la aplicación de la escala fueron las siguientes (extraídas de Aurora Health Care, 2020)

¹ Extraído de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientimages/000309.htm>

Calcule el esfuerzo total. Trate de ser lo más honesto y espontáneo posible sin pensar demasiado. Trate de no subestimar o sobreestimar. Lo importante es tu propia sensación de esfuerzo y no lo que crees que piensan los demás.

Durante el ejercicio, debe evaluar su percepción del esfuerzo. Utilice esta escala donde 6 significa ningún esfuerzo en absoluto y 20 significa un esfuerzo totalmente máximo. Considere la escala y las descripciones directivas del esfuerzo, pero luego seleccione una figura. Puede elegir cualquier figura, no solo las que tienen una descripción adjunta. Mire la escala y la redacción y decida la palabra que mejor describa su nivel de esfuerzo y el número alternativo asociado con esa descripción.

A)	Borg's RPE scale
6 Sin esfuerzo en absoluto	6 No exertion at all
7	7 Extremely light
8 Extremadamente liviano	8 Very light
9 Muy liviano	9
10	10
11 Liviano	11 Light
12	12
13 Algo duro	13 Somewhat hard
14	14
15 Duro	15 Hard
16	16
17 Muy duro	17 Very hard
18	18
19 Extremadamente duro	19 Extremely hard
20 Esfuerzo máximo	20 Maximal exertion

Figura 1. Tablas de la Escala de Borg. A) Versión traducida al español de la Escala de Borg
B) Tabla original extraída de Borg, G. (1990) Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion.

7.2.3. Procedimiento

Las actividades se llevaron a cabo en una habitación de una casa particular, la cual fue acondicionada para los experimentos en relación a los niveles de luz y ruidos externos. La elección locativa estuvo condicionada por el contexto de pandemia y el cierre de los espacios universitarios.

El protocolo comprendió una única sesión de entrenamiento, de una hora efectiva de juego, con la consola Nintendo Wii®, junto *balance board*®. Dicha sesión contenía una de las sesiones del protocolo 2, conteniendo en ella los juegos: Hula hula, carrera de obstáculos, cabeceos y consigue un 10. Se jugaron 10 minutos a cada juego y entre ellos hubo una pausa de reposo pasivo de 5 minutos. Se midió la frecuencia cardíaca 1) previo al inicio del protocolo, 2) previo al inicio de cada juego y 3) inmediatamente al final de cada juego. A su vez, se realizó la escala de Borg al final de cada juego, se dispuso de la escala en formato papel para que los mismos pudieran visualizarla y elegir el número adecuado a su esfuerzo percibido.

Las condiciones experimentales intentaron ser similares a las del protocolo 2, conteniendo auriculares inalámbricos y de inmersión sonora (Marshall Major III), conectados por bluetooth con la consola. A su vez, los sujetos estuvieron acompañados por al menos dos examinadores que se encontraban ocultos a los sujetos, pero al mismo tiempo podían visualizar la pantalla de juego para llevar un control de lo realizado por el sujeto.

7.2.4. Adquisición y procesamiento de datos

A partir de las mediciones de la frecuencia cardíaca se obtuvieron las siguientes variables:

Frecuencia cardíaca inicial (FCInicial): correspondiente al valor de frecuencia cardíaca previo al inicio de cada juego.

Frecuencia cardíaca final (FCFinal): correspondiente al valor de frecuencia cardíaca inmediatamente finalizado cada juego.

Diferencia de Frecuencia Cardíaca (DifFC): correspondiente a la resta entre la FCfinal y la FCInicial (FCfinal - FCinicial).

Intensidad Aeróbica (IA): se obtuvo utilizando la ecuación:

$$FCI = [(FCmax - FCreposo) \times \%Intensidad] + FCreposo$$

extraída del Manual ACSM para la valoración y prescripción del ejercicio (2014, p.160), se obtuvo la variable despejando el factor intensidad (%).

Siendo FCI Frecuencia cardíaca ideal, FCMax la frecuencia cardíaca máxima, FCreposo la frecuencia cardíaca en reposo.

El factor intensidad debe ser expresado en porcentaje, por lo que luego de calculado el valor de la ecuación, se multiplicó la cifra por 100.

Percepción subjetiva del esfuerzo (RPE): correspondiente al valor reportado por los sujetos mediante la escala de Borg.

7.2.5. Análisis de datos

Para las variables descritas se calcularon la media y el desvío estándar.

Luego, se compararon los valores obtenidos de FCfinal en cada juego y se los ordenó de forma decreciente. Para la IA se realizó el mismo procedimiento y se identificaron los valores a los rangos de intensidad establecidos por la ACSM. Respecto a la variable RPE, mediante los números seleccionados por los sujetos, se ordenó a los juegos de forma decreciente, y se los identificó a un nivel de la escala de Borg.

A partir de los datos recolectados se analizó el esfuerzo requerido en la sesión de entrenamiento.

Posteriormente, se realizaron comparaciones estadísticas con el ANOVA de 1 factor, a fin de evaluar la existencia de diferencias significativas de las variables FCfinal y RPE entre los juegos.

7.3. PROTOCOLO 2 - Capacidades coordinativas

7.3.1. Sujetos

La población participante se conformó por un total de doce sujetos, quienes presentan bajos niveles de actividad física. El promedio de edad fue 21,8 (2,6) años y el rango fue de 18 a 26 años.

Previo al inicio de las pruebas, los sujetos firmaron un consentimiento informado siendo esta investigación aprobada por el Comité de Ética de la Facultad de Psicología de la Universidad de la República.

7.3.2. Pruebas y tests

Test de equilibrio estático

Para evaluar el equilibrio estático, primero se aplicó el test sharpened Romberg Test extraído de Steffen (2012), en el cual el sujeto debe pararse descalzo con un pie delante del otro, en posición en tandem (tocando talón con el dedo y brazos cruzados a la altura del pecho) y con los ojos cerrados. El objetivo es mantener el equilibrio el mayor tiempo posible, hasta alcanzar un máximo 60 segundos. El resultado del test será el número de segundos que el sujeto logre mantener el equilibrio. El tiempo empieza a correr cuando el sujeto asume la posición correcta y avisa que está listo. El tiempo se detiene cuando el sujeto: mueve alguno de sus pies de la posición inicial; abre los ojos; o cuando alcanza el máximo de tiempo (60 segundos).

Test equilibrio dinámico

Para evaluar el equilibrio dinámico, se aplicó el test de equilibrio dinámico con barra de equilibrio de Gesellde (Cabedo & Roca 2008). Las características de la barra fueron replicadas para este trabajo. El material de la misma es madera de pino y sus medidas son: Longitud: 2 metros y 50 cm. Anchura: 4 cm. Altura: 12 cm.

El sujeto debe caminar descalzo con o sin medias y lo más rápido posible sobre la barra con las manos en la cintura. Si toca el suelo con los pies, deberán volver a la barra al inicio hasta llegar al final. Se inicia la prueba con los dos pies en contacto en una de las plataformas, el cronómetro se pone en funcionamiento cuando se realiza el primer contacto con la barra y se detiene en el momento que llega al final de la barra. Los resultados se anotan en segundos y centésimas de segundo. En caso de que durante la ejecución el participante ponga una o varias veces el pie en el suelo, se penaliza con dos segundos cada uno de los contactos realizados. El tiempo total es el resultado del tiempo alcanzado más el número de contactos producidos.



Figura 2- Imagen de la prueba de equilibrio dinámico (extraída de Cabedo & Roca, 2008, Evolución del equilibrio estático y dinámico desde los 4 hasta los 74 años)

Test equilibrio Wii Fit Plus

El último test a realizar fue el test básico de equilibrio contenido en el videojuego Wii Fit Plus. El sujeto se coloca sobre la tabla de equilibrio, con los pies descalzos centrados en las huellas. El test consiste en intentar mantener los extremos de las barras rosadas dentro de los rectángulos azules durante 3 segundos. Antes de comenzar, el test da lugar a 3 instancias de práctica, para luego comenzar. Son 5 rondas, en las cuales a medida que se superan las mismas, el rectángulo azul disminuye su tamaño (mayor dificultad).

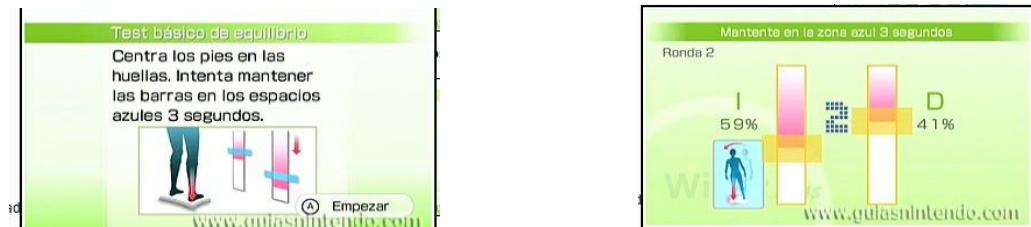


Figura 3- Imágenes de la prueba del test básico de equilibrio Wii Fit (extraída de las Guías de Nintendo)

7.3.3. Procedimiento

El trabajo de campo se realizó en laboratorios acondicionados en la sede del Laboratorio de Fisiología en el Centro Leguizamón y en el Centro Interdisciplinario en Cognición para la Enseñanza y el Aprendizaje (CICEA).

El protocolo, comprendió tres sesiones consecutivas de entrenamiento, de una hora efectiva de juego, con la consola Nintendo Wii®, junto a la tabla de equilibrio (*balance board*). Cada

sesión constaba de cinco juegos², cada uno de ellos clasificado en una de las siguientes categorías: movilidad articular, precisión y equilibrio, velocidad de reacción, coordinación ojo-manual. A lo largo de las 3 sesiones, se reiteraban algunos juegos, pero cada sesión desafiaba al sujeto con al menos un juego nuevo. El orden de las sesiones de entrenamiento fue contrabalanceado entre los sujetos.

Para lograr una mayor concentración y evitar las distracciones, los sujetos jugaron con auriculares inalámbricos y de inmersión sonora (Sony modelo MDR-XB950B1), conectados por bluetooth con la consola. En cada sesión los sujetos estuvieron acompañados por al menos dos examinadores que recolectaban datos de los juegos y controlaban el tiempo de cada juego. Los examinadores se encontraban ocultos a los sujetos, de manera tal de no producir incomodidad por ser observados, pero al mismo tiempo podían visualizar la pantalla de juego para llevar un control de lo realizado por el sujeto.

7.3.4. Adquisición y procesamiento de datos

Previo al inicio de la sesión de entrenamiento, se llevaron a cabo los tests de equilibrio (pre-entrenamiento). Al día siguiente de la última sesión de entrenamiento, se repitieron los tests (post-entrenamiento). Se calcularon los puntajes de los tests correspondientes (que se explicarán a continuación), generando así las variables de estudio. A éstas las denominaremos: Equilibrio Estático (EqEst), Equilibrio Dinámico (EqDin), Equilibrio Wii (EqWii).

Equilibrio Estático (EqEst):

El puntaje de cada sujeto fue calculado restando a 60 (duración total en s), el tiempo de permanencia del sujeto en cada intento y luego se sumaron los resultados de ambos intentos:

$$\text{Puntaje} = (60 - \text{Tiempo Intento 1}) + (60 - \text{Tiempo Intento 2}).$$

². Ver listado de juegos en sección Anexos.

Este cálculo fue implementado de la forma indicada en este trabajo, de modo que un tiempo igual a 0 indicaría el mejor desempeño, en tanto que un valor cada vez mayor, representa un desempeño cada vez peor.

Equilibrio Dinámico (EqDin):

Acorde a la descripción de Cabedo & Roca (2008) se sumaron los tiempos del intento 1 y 2, más la cantidad de penalizaciones (2 segundos cada una).

Equilibrio Wii (EqWii):

Este test es propio del Wii Fit, por lo que se suman la cantidad de tiempos en las rondas y aparte se contabilizaron la cantidad de rondas completadas.

7.3.5. Análisis de datos

Para todas estas variables se calculó la media y el desvío estándar.

Se compararon los puntajes obtenidos en los test pre-entrenamiento con los obtenidos en los post-entrenamiento. A partir de los datos recolectados se analizó si el presente entrenamiento tuvo un impacto en las capacidades coordinativas de los sujetos, medidas a través de los correspondientes test de equilibrio.

En primer lugar se aplica el test Shapiro Wilk, para verificar si las muestras corresponden a una distribución normal. Al obtener un número p menor a 0,05 en todos los tests, se constató que la distribución no era normal. En consecuencia, se debió utilizar un test análogo (no paramétrico) para muestras pareadas (o dependientes), en este caso el test de Wilcoxon, para realizar una comparación estadística con el fin de evaluar la existencia de diferencias significativas en las condiciones PRE y POST.

8. RESULTADOS

8.1. Protocolo 1 - Valoración del esfuerzo

En la tabla 1 se presentan los valores medios y desvíos estándar de las variables asociadas a este protocolo.

Medias y Desvío estándar de las variables del Protocolo 1				
Variables	Hula hula	Carrera de obstáculos	Cabeceos	Consigue un 10
FCInicial (ppm)	72.46 (8.49)	75.07 (10.75)	76.15 (10.59)	75.38 (10.56)
FCfinal (ppm)	101.38 (23.08)	96.61 (17.11)	85.69 (14.3)	85.69 (11.19)
IA (%)	24 (0.18)	18 (0.13)	8.5 (0.10)	9 (0.09)
RPE	11.61 (2.32)	11.53 (1.39)	11 (2.48)	10.92 (2.49)

Tabla 1. Valores medios y (desvíos estándar) de la FCinicial, FCfinal, IA, RPE analizados en los 4 juegos.

A continuación destacamos los resultados más relevantes:

FC Final:

Presentamos los resultados en orden decreciente en cuanto al impacto cardiovascular que implicó cada juego. Así, Hula hula fue el que presentó el mayor valor de frecuencia cardíaca al finalizar el juego (media = 101.38 ppm). En segundo lugar se encontró Carrera de obstáculos (media = 96.61 ppm). Luego Cabeceos y Consigue un 10 reportaron el mismo valor (media = 85.69 ppm). En la Figura 4 se puede observar el incremento de la FC (barras rojas) en cada juego, en comparación con la FC que presentaba al iniciar dicho juego (barras azules).

La comparación estadística de la variable FC Final, realizada con ANOVA de 1 vía (siendo el factor, el tipo de juego), arrojó un valor $p= 0,048$, indicando la existencia de diferencias significativas entre los grupos (juegos). Para detectar qué grupos presentaban diferencia estadística, se realizó una prueba post-hoc a través del test de Tukey comparando

entre pares de condiciones. Como resultado se encontró que solo los juegos Hula hula ($p<0.0001$) y Carrera de obstáculos ($p=0.0020$) presentaron un aumento significativo de la FC con respecto a la de reposo.

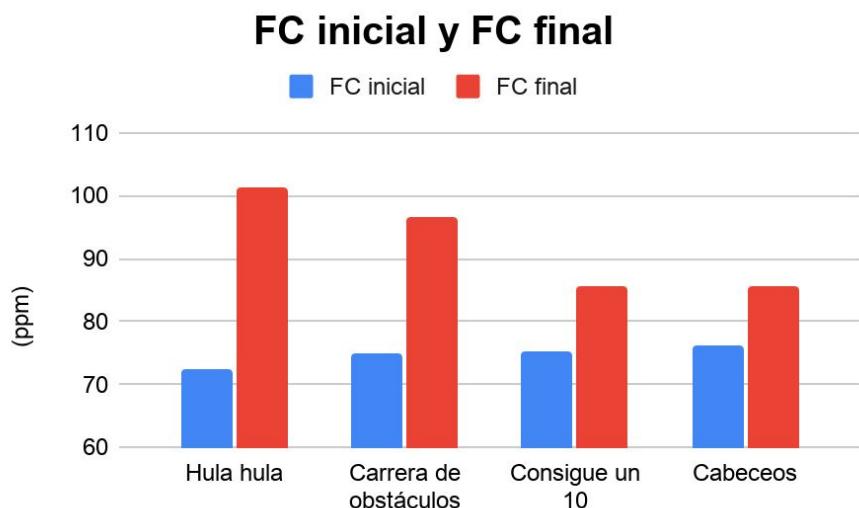


Figura 4 - Gráfico de barras que muestra el valor promedio de la FC antes de iniciar cada juego del protocolo (FC inicial, azul) y luego de finalizado el mismo (FC final, rojo).

Intensidad aeróbica (IA):

Recordamos que esta variable fue calculada según la ecuación reportada por la ACSM, utilizando valores de FC Final, FC Reposo y FC Máxima. Los niveles de IA indicados en dicha literatura son: <40% = intensidad baja, 40-60% = intensidad moderada, >60% = intensidad vigorosa.

En la Figura 5 se puede observar que los sujetos se ejercitaron en un rango de intensidad baja, durante todos los juegos, indicando así que dichos juegos no requirieron un gran impacto físico. El juego con mayor IA calculada fue Hula hula (media = 24%); en segundo lugar Carrera de obstáculos (media = 18%); en tercer lugar Consigue un 10 (media = 9%); y por último Cabeceos (media = 8.5%). De forma esperable, este orden coincide con el comportamiento de la FC Final.



Figura 5 - Gráfico de barras que muestra los porcentajes de intensidad aeróbica obtenidos, dentro de la categorización de rangos aeróbicos de la ACSM.

Percepción del esfuerzo:

Recordamos que se utilizó la escala de Borg, con sus diferentes niveles: 6- sin esfuerzo absoluto, 8- extremadamente liviano, 9- muy liviano, 11- liviano, 13- algo duro, 15- duro, 17- muy duro, 19- extremadamente duro, 20- esfuerzo máximo.

El juego en el cual los sujetos percibieron el mayor esfuerzo fue Hula hula (media = 11.61, SD = 2.32) , seguido por Carrera de obstáculos (media = 11.53, SD = 1.39), Cabeceos (media = 11, SD = 2.48) y por último, Consigue un 10 (media = 10.92, SD = 2.49).

Como puede visualizarse en la Figura 6, los valores indicados arriba corresponden todos al nivel liviano de la escala de Borg. Es importante destacar este aspecto, ya que no hay grandes diferencias entre juegos, en contraste con las diferencias respecto a los valores de frecuencia cardíaca final. Sin embargo, el comportamiento entre juegos es similar al de la FC Final.

La comparación estadística de la variable RPE, realizada con ANOVA de 1 factor, arrojó un valor $p= 0,79$, lo cual indica que no hay diferencia significativa entre los grupos.

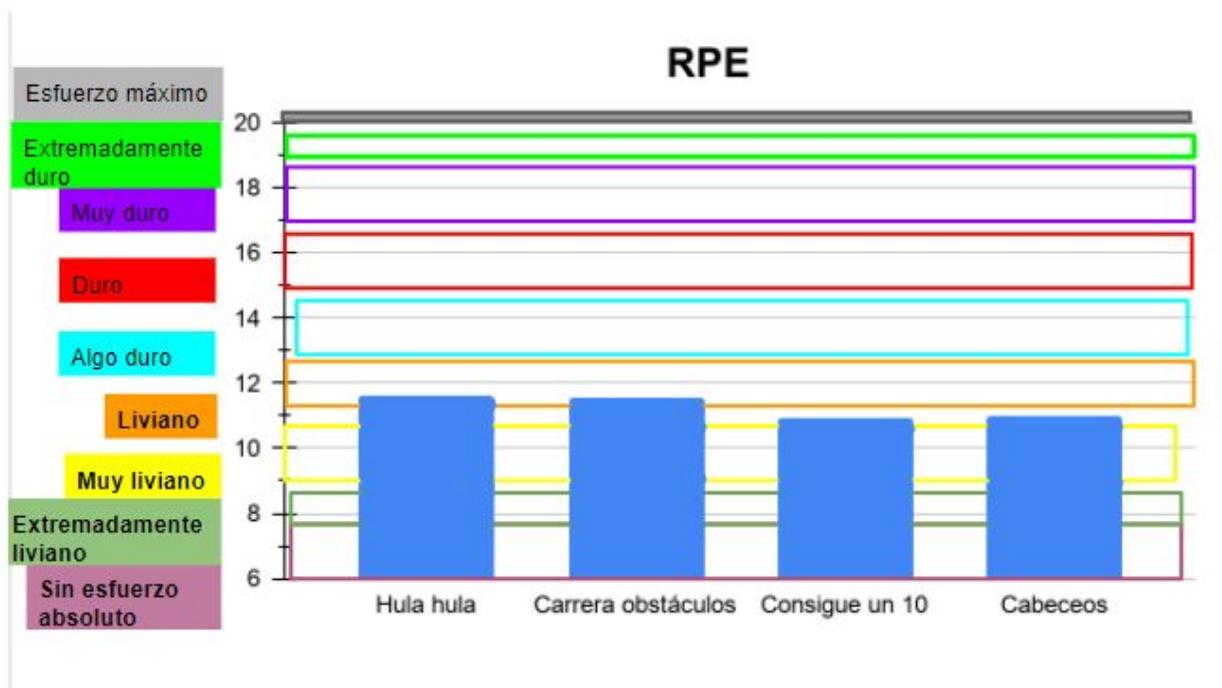


Figura 6 - Gráfico de barras que muestra la percepción subjetiva del esfuerzo obtenida en los 4 juegos, dentro de los niveles de la Escala de Borg.

8.2. Protocolo 2 - Capacidades coordinativas

El puntaje medio (y desvío estándar) de cada uno de los 3 tests aplicados, antes y después de las 3 sesiones de entrenamiento videojuegos de acción Wii, se presentan en la Tabla 2.

Tests de coordinación/equilibrio		
Prueba	Pre	Post
Media (desvío)		
Test estático puntaje (s)	7.42 (17.79)	3 (7.01)
Test dinámico puntaje (s)	51.85 (25.76)	39.32 (16.43)
Test Wii puntaje (s)	25.17 (3.43)	23.34 (5.34)

Tabla 2. Puntajes medios y (desvíos estándar) obtenidos en los test de equilibrio realizados en el protocolo 2.

Test de equilibrio estático

Como se mencionó en la reseña metodológica, este test consistió en mantener el equilibrio por 60 segundos, en posición tandem y con ojos cerrados, teniendo el sujeto 2 intentos para cumplir la tarea. El puntaje total se calculó mediante la ecuación: (60 - Tiempo Intento 1) + (60 - Tiempo Intento 2), de modo que un puntaje de 0 indica el máximo desempeño y un valor cada vez mayor implica un desempeño cada vez menor.

Los resultados encontrados mostraron que en la condición POST el puntaje obtenido (media = 3 s, SD = 7.01, rango = 0 - 18), disminuyó respecto al PRE (media = 7.42 s, SD = 17.79, rango = 0 - 54), indicando que en promedio, los sujetos mejoraron su desempeño, logrando permanecer más tiempo en equilibrio con ojos cerrados. Sin embargo al visualizar los datos de la ejecución de cada uno de los sujetos, se pudo ver que 10 de los 12 sujetos estudiados alcanzaron el puntaje máximo (0) ya en la condición PRE, y por lo tanto estos valores medios están muy afectados por el resultado de pocos sujetos. Se puede resaltar, que la mediana reportada en ambas condiciones es 0.

La Figura 7 intenta reflejar este panorama, indicando el porcentaje de sujetos que mejoraron, empeoraron o mantuvieron su desempeño en la condición POST respecto de la

PRE. Así, destacamos que el 66,7% de los sujetos que mantuvieron su rendimiento corresponden en realidad a sujetos que alcanzaron el valor techo inicialmente.

De forma esperable, la comparación estadística entre ambas condiciones realizada con el test Wilcoxon a una cola, arrojó un valor $p=1$, indicando que dicha diferencia no es significativa.



Figura 7 - Gráfico circular que muestra el porcentaje del rendimiento de los sujetos en el Test estético, siendo (mantenimiento del desempeño, azul), (mejora del desempeño, rojo) (disminución del desempeño, amarillo).

Test de equilibrio dinámico

Se observa que en el test dinámico, el puntaje POST (media = 39.32 s, SD = 16.43) disminuyó con respecto al PRE (media = 51.85 s, SD = 25.76) (Figura 8). Esta disminución indica que en promedio los sujetos lograron cumplir el desafío de caminar sobre la viga en un menor tiempo. De los 12 sujetos analizados, sólo 4 empeoraron su desempeño.

Sin embargo, la comparación estadística entre ambas condiciones realizada con el Test Wilcoxon a una cola, arrojó un valor $p= 0,52$, indicando que dicha diferencia no es significativa.

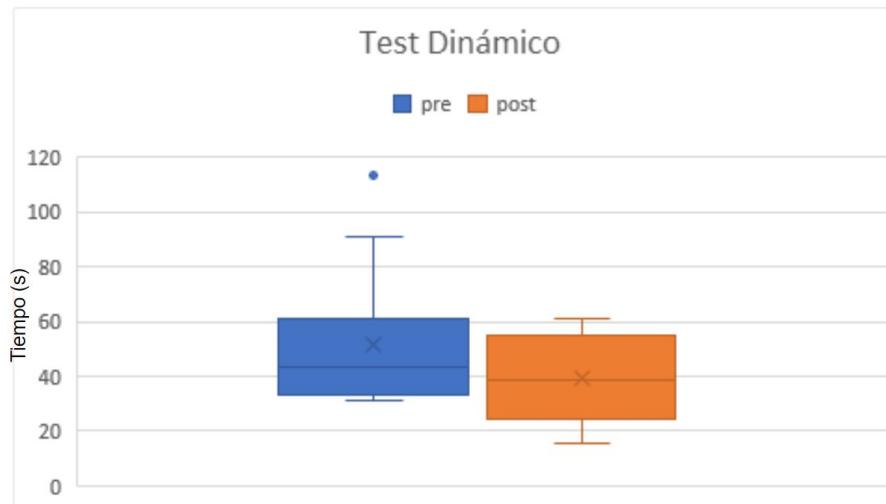


Figura 8 - Gráfico de cajas y bigotes que muestra los resultados del Test dinámico en la condición PRE (azul) y la POST (naranja)

Test básico de equilibrio Wii

Este test fue realizado por únicamente 9 personas, dado que hubo datos faltantes en los restantes sujetos. Los resultados de este test, demuestran una mejora sutil en los tiempos, obteniendo en la condición POST una media de 23.34 s, ($SD=5.34$) y en la condición PRE una media de 25.17 s ($SD=3.43$). Como se desprende de la visualización del gráfico de cajas y líneas de la Figura 9, algunos sujetos mejoraron considerablemente sus tiempos (llevando hacia abajo el límite inferior de la caja) pero en promedio el cambio fue pequeño.

La comparación estadística entre los tiempos de las condiciones PRE y POST realizada con el Test Wilcoxon a una cola, arrojó un valor $p= 0,68$ indicando que no existen diferencias significativas.

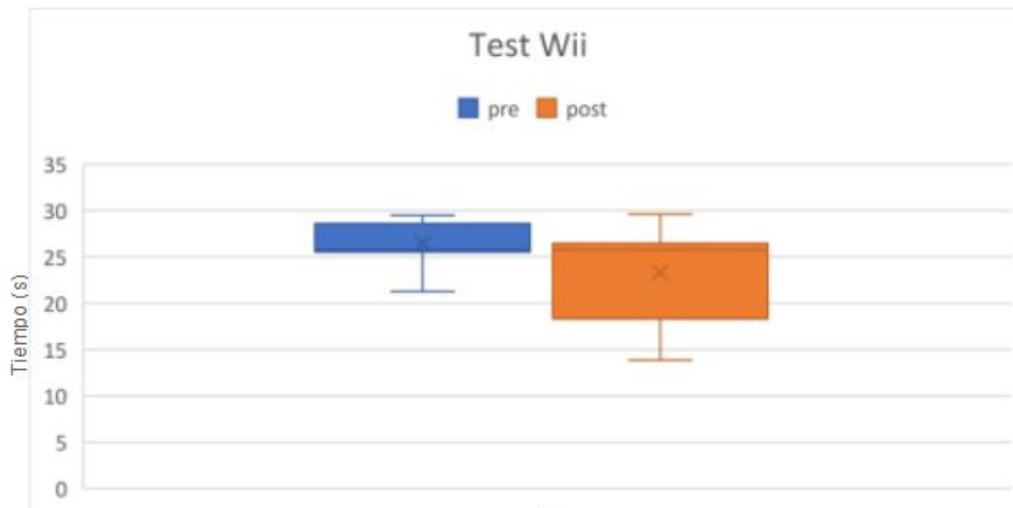


Figura 9- Gráfico de cajas y bigotes que muestra los resultados del test equilibrio Wii en la condición PRE (azul) y la POST (naranja)

Observando los datos en su conjunto, entendemos que las medias del tiempo total no reflejan en su totalidad, el desempeño de los sujetos. Los mismos disponían de 30 segundos para completar las 5 rondas. Las mismas iban incrementando su dificultad, por lo que en la condición PRE casi todos los sujetos utilizaron sus 30 segundos sin poder completar todas las rondas. En la condición POST, la mayoría mejoró sus tiempos (intra-rondas), pero únicamente 3 lograron completar las 5 rondas. De aquí se desprende la necesidad de analizar más datos relacionados a este test: en primer lugar, los tiempos parciales en los que se completaron cada una de las 5 rondas, y en segundo lugar, la cantidad de rondas superadas.

Para analizar los resultados en cuanto a los tiempos de cada ronda, se restó el tiempo que requirió cada sujeto en la condición POST respecto de la PRE (Tiempo POST - Tiempo PRE). De esta forma, los valores negativos reflejan mejoras en el desempeño. Se observa en la Figura 10 que en todas las rondas se mejoraron los tiempos.

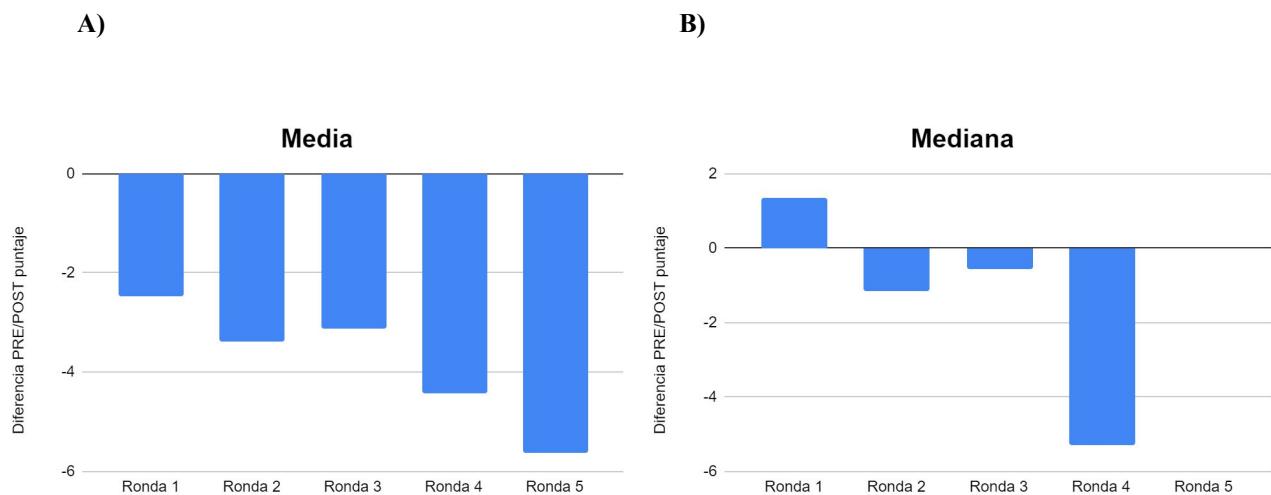


Figura 10- Resultados de la diferencia de tiempos de las rondas del Test Wii. A) Gráfico de barras representa las medias. B) Gráfico de barras representa las medianas.

La comparación estadística entre los tiempos de cada ronda realizada con el test Wilcoxon a una cola, arrojó para todas las rondas un valor p mayor a 0,05 ($R_1= 0.2$, $R_2= 1$, $R_3= 0.36$, $R_4= 1$, $R_5= 1$) indicando que dicha diferencia no es significativa.

El siguiente gráfico (Figura 11), nos aporta otra información, la cual trata de la cantidad de sujetos que mejoraron su rendimiento, o sea completaron más rondas en la condición POST. Específicamente mejoraron 4 sujetos su rendimiento, 3 mantuvieron su desempeño y 2 disminuyeron.

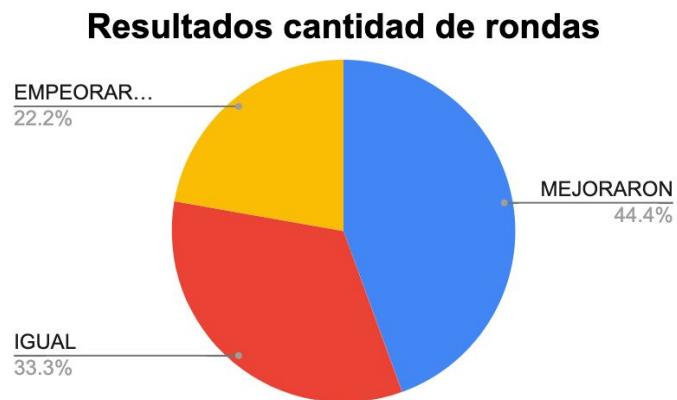


Figura 11- Gráfico circular con los resultados de la cantidad de rondas superadas por los sujetos en el Test Wii. Igual rendimiento (rojo), Mejora rendimiento (azul), Disminución del rendimiento (amarillo)

La comparación estadística entre la cantidad de rondas completadas (PRE y POST) realizada con el Test Wilcoxon a una cola, arrojó un valor $p= 0,82$ indicando que no existen diferencias significativas.

9. DISCUSIÓN

Juca (2018) “los *exergames* involucran ejercicios físicos de entrenamiento cardiovascular, para mantener el equilibrio y la coordinación” (p.150)

El objetivo general del proyecto fue evaluar el impacto de un protocolo de actividad física, utilizando el videojuego Nintendo Wii Fit®. Hubo 2 objetivos específicos, por lo tanto 2 protocolos diferentes. En el protocolo 1, se evaluaron modificaciones fisiológicas (FC) y la percepción del esfuerzo (RPE) durante una única sesión de entrenamiento. Mientras que en el protocolo 2, se evaluó el impacto sobre las capacidades coordinativas luego de un período de entrenamiento .

9.1. PROTOCOLO 1- Valoración del esfuerzo

El marco teórico desarrollado expone que “el uso de videojuegos ha demostrado incrementos en el consumo de oxígeno, gasto energético, frecuencia cardíaca y tasa de esfuerzo percibido” (Trujillo et al., 2013, p.129). Asimismo, Wilmore y Costill (2004), plantean que la FC se muestra como el indicador más sencillo que permite controlar la intensidad del ejercicio. Por otra parte, el protocolo de Medlineplus indica cómo medir la FC. Y por último, la escala de Borg consta de la valoración subjetiva que indica la opinión del sujeto respecto a la intensidad del trabajo realizado (Morgan, 1973). A partir de esto, se diseñó un protocolo experimental de una única sesión de entrenamiento, midiendo la FC, la IA y la RPE.

A continuación se discutirán nuestros resultados comparándolos con la literatura previa. El antecedente más cercano corresponde al trabajo de Cougo et al. (2017) quienes aplicaron una sesión única (45 min) utilizando el mismo videojuego (Wii Fit) y midieron la FC, PA, DP, RPE y el GCal. Sin embargo, ni ellos ni ningún otro estudio encontrado, analizaron ni cuantificaron la intensidad aeróbica, variable que sí tomamos en cuenta en la presente investigación.

En el presente estudio se encontró que una sesión de videojuegos de inmersión corporal, combinando juegos de coordinación, equilibrio y resistencia aeróbica, produjo cambios en las variables estudiadas. En concordancia con la hipótesis planteada, la frecuencia

cardíaca aumentó en todos los juegos, pero únicamente hubo un aumento significativo (respecto al reposo) en los juegos Hula hula ($p<0.001$) y Carrera de obstáculos ($p=0.002$).

El trabajo de Cougo et al. (2017) muestra que una sesión de 9 juegos de 45 min realizada con Nintendo Wii Fit®, es capaz de generar alteraciones cardiovasculares de forma aguda, proporcionando un GCal dentro del recomendado por la ACSM. Los cambios a nivel cardiovascular fueron los siguientes: los juegos dentro de la categoría aeróbicos, reportaron un rango de FCfinal de 101.1 a 167.5. Mientras que en nuestros juegos el rango reportado fue de 85.69 a 101.38.

En particular, en su selección de juegos, uno de los utilizados corresponde a uno de los juegos del presente estudio: Hula hula. Esto nos permite comparar más concretamente los resultados. El trabajo de Cougo et al. (2017) reportó para este juego los siguientes valores: FC Reposo = 68.7 (11.1); FC final = 146.8 (24.2); RPE = 11.9 (2.3).

Los resultados en relación a este juego son similares a los nuestros: FC Reposo = 72.46 (8.49); FC final = 101.38 (23.08); RPE = 11.61 (2.32). Se observa que la percepción del esfuerzo es prácticamente coincidente, la FC reposo es bastante cercana, pero en la FC se encuentra la mayor diferencia. Se observa entonces que incluso para el mismo juego (Hula hula) los valores de FC final difieren y por tanto sería posible que las diferencias en el estímulo cardiovascular se deban a que las personas se involucraron de forma más enérgica en la actividad.

Con respecto a los resultados de la variable intensidad aeróbica, la gran mayoría de los sujetos estuvieron trabajando en el rango aeróbico bajo, encontrándose un único sujeto en el rango aeróbico vigoroso en Hula hula y rango moderado en Carrera de obstáculos, y otro sujeto en rango aeróbico moderado en Hula Hula. Esto demuestra que los juegos no demandan gran esfuerzo cardiovascular, pero que a pesar de esto, sí se los considera como modalidad de actividad física (Cougo et al., 2017), ya que una sesión de entrenamiento de 45 min es capaz de generar alteraciones cardiovasculares de forma aguda y proporciona un Gcal dentro de lo recomendado por ACSM.

Al respecto de los resultados de la Escala de Borg, todos los juegos se encuentran en la franja “Liviano”. Se observa claramente que el esfuerzo percibido es bajo respecto al máximo de la escala. En contraste con nuestros resultados, el estudio de Cougo et al. (2017), reportó

valores de RPE en la franja “Algo duro”, “Liviano” y “Extremadamente liviano”. Se destaca entonces que la selección de juegos logró inducir mayores esfuerzos (al menos percibidos) que nuestro protocolo.

De todas formas, no es el interés de esta discusión, el análisis comparativo fino de las variables estudiadas, sino fundamentalmente, testear similitudes generales en la práctica de esta modalidad de actividad física.

9.2. PROTOCOLO 2 - Capacidades coordinativas

Como se mencionó en la sección de Marco teórico, el uso del Nintendo Wii® desarrolla habilidades sensoriales y motoras (Souza et al., 2013). A su vez, el equilibrio es “una habilidad proactiva y adaptativa de organización central basada en experiencias previas y en la repetición de tareas que el sistema nervioso aprende a realizar a través de otros sistemas” (Arenas, 2014, p.18). Los antecedentes encontrados plantean que la implementación de protocolos de videojuegos de inmersión corporal arrojan resultados positivos en la mejora del equilibrio y las habilidades motoras.

En este trabajo se llevó a cabo un protocolo experimental de 3 días de entrenamiento motor sistemático mediante videojuegos de Wii Fit®. Para la evaluación del equilibrio, se realizaron 3 test: sharpened Romberg Test, equilibrio dinámico, equilibrio básico Wii. En contraposición a la hipótesis planteada, los resultados tienden a una mejora, pero los mismos demostraron no ser significativos en las variables estudiadas.

En relación al test de Romberg, se presentó el inconveniente de que el mismo fue superado por casi todos los sujetos ya en la condición PRE, por lo cual se interpreta que este test no representó un instrumento útil a nuestro propósito.

En el test dinámico, si bien tampoco se encontraron diferencias significativas, 7 de los 12 sujetos lograron mejorar sus tiempos, por lo que entendemos que hubo una clara tendencia hacia la mejoría. Sin embargo es importante destacar que no se controló la magnitud de la mejoría por el simple efecto de la repetición del test.

Con respecto al test de equilibrio Wii, los datos que arroja el videojuego en relación a este test, son dos: el puntaje total y el tiempo parcial consumido en cada ronda. En relación al puntaje total, se obtuvo una mejora sutil en los tiempos. Observando los valores medios de la

diferencia de puntaje (POST - PRE) mostraron una tendencia hacia la mejora en todas las rondas (Figura 10), aunque el comportamiento entre sujetos fue muy variable y asimétrico, lo que se ve reflejado al visualizar los mismos datos a través de la mediana. Otro indicativo de una tendencia a la mejora es el hecho de que en la condición PRE únicamente un solo sujeto logró completar la ronda 5, pero en la condición POST, lograron completarla 3 sujetos.

Estableciendo un diálogo entre los antecedentes encontrados, en el estudio de Rohenkohl (2011), quien utiliza el Wii Fit®, se evaluaron los cambios en el equilibrio unipodal en un período de cuatro semanas de entrenamiento (2 veces por semana, 30 min cada sesión), realizando la SEBT. A su vez, el estudio de Gil-Gómez et al. (2011) sobre pacientes con daño cerebral adquirido, también usa la consola Nintendo Wii® con la *balance board*®, pero utilizando el eBaVir, con un período de entrenamiento de 20 sesiones de una hora de rehabilitación de realidad virtual. Se evaluó antes y después de la aplicación de la sesión de entrenamiento, distintos test de equilibrio. Para el equilibrio estático se usaron: Berg Balance Scale, Brunel Balance Assessment and the Anterior Reach Test. Para el equilibrio dinámico se utilizaron: Timed Stair Test, the Stepping Test, the 1- minute Walking Test, the 10-meter Walking Test, the Time “Up and Go” Test, and the 30-second Sit-to Stand Test. Luego de aplicado el período, los resultados obtenidos en los pacientes que usaron eBaViR fueron significativamente mejores en el equilibrio estático y dinámico. Contrastando estas investigaciones con la presente en cuestión, se expone que la misma utilizó distintos test de equilibrio.

9.2.1. Usos del Nintendo Wii

Como se analizó en las secciones previas, se verificó que la práctica de esta modalidad generó un impacto en las distintas capacidades físicas. Como ventaja de esta modalidad de actividad física se podría resaltar el hecho de que se trabaja el equilibrio desde un lugar no explorado, el cual presenta situaciones nuevas para el sujeto, generando una motivación distinta, y se estimula esta capacidad sin ser conscientes de que está siendo trabajada. Los mismos permiten la creación de ambientes entretenidos para el desenvolvimiento de habilidades sensorio-motoras a partir de tareas estimulantes.

Por otra parte, la sesión de videojuegos implementada en cuestión, presenta ventajas en cuanto al desarrollo del trabajo coordinativo y del equilibrio. Al utilizar una herramienta novedosa como lo es el Nintendo Wii®, la exposición a estas nuevas experiencias que incluyen el entrenamiento cognitivo y físico (y los aprendizajes incorporados), pueden generar cambios a nivel neuronal (plasticidad neuronal) y por lo tanto adaptaciones cognitivas (Greenwood & Parasuraman, 2010).

Siguiendo esta línea, se destacan otros aspectos positivos brindados por los *exergames* en relación a la actividad física. Esto causa un aumento en el interés y la motivación de los usuarios por la actividad física, pudiendo atraer al campo diferentes personas que no tengan relación o interés con el mismo. Además, los videojuegos mejoran la coordinación, ayudan a resolver problemas y son fuente de aprendizaje.

En cuanto a los aspectos negativos del uso de estas tecnologías como forma de modalidad de actividad física, si bien como se justifica en la investigación de Cougo et al. (2017), el Nintendo Wii® es considerado como modalidad de actividad física, el mismo no favorece la interacción social. Por lo que articulando este último aspecto con la definición de actividad física de Minkevich (2015), “todo tipo de acción motriz que realiza un sujeto - solo o en interacción con otros- que conlleva tanto un gasto de energía como el involucramiento de las demás dimensiones del mismo (cognitivas y afectivas) al momento de ejecutarla dentro de un contexto determinado” (p.25), podemos decir que el Nintendo Wii® como modalidad de actividad física no acompaña esta definición.

9.2.2 Limitaciones

Partiendo de la investigación de Yang (2014), en la cual se menciona que en un contexto de entrenamiento motor, los factores que determinan influencia facilitadora o inhibidora pueden relacionarse con la duración del entrenamiento, se puede decir que el presente estudio, evaluó el equilibrio en un período de tiempo bastante más corto (3 días consecutivos, 1h de juego) con respecto a la literatura previa. Esta diferencia en la carga puede ser una posible causa de que los resultados obtenidos no hayan alcanzado un nivel de significancia.

Las circunstancias para extender el período de entrenamiento eran poco viables, debido a los horarios de la rutina diaria de los sujetos y que además debían trasladarse al laboratorio para el entrenamiento diario. Como consecuencia de la duración del protocolo, se perdieron datos (en 3 sujetos no se obtuvieron de forma completa los datos PRE y POST del test básico de equilibrio Wii).

A pesar de esto, si bien el entrenamiento no logró alcanzar diferencias significativas con respecto a nuestra variable principal (equilibrio), algunos sujetos mejoraron sus tiempos y rendimiento.

Por último, destacar que nuestra población eran sujetos saludables y el tamaño muestral de la misma fue ($n=11$), lo cual es considerado en estadística una muestra pequeña. De todas formas, se encuentran tamaños similares en otros estudios: Rohenkohl (2011), Gil-Gómez et al. (2011), Peñasco et al. (2010)

10. CONCLUSIONES

A pesar de la existencia de varios estudios realizados con el Nintendo Wii Fit®, el presente proyecto contiene un aporte novedoso, ya que trata de un protocolo específico de juegos, diseñado por los autores del presente proyecto, que no sólo incluye juegos donde se trabaje la capacidad aeróbica, sino también la coordinación y el equilibrio. A su vez, se cuantificó la intensidad aeróbica generada en cada juego, variable que no se analiza en la literatura previa. Además se valoraron tanto aspectos fisiológicos como coordinativos.

Fue confirmada la primera hipótesis de este estudio, ya que la FC aumentó en todos los juegos, pero únicamente esta diferencia fue significativa (con respecto a la FC Reposo) en los juegos Hula hula y Carrera de obstáculos. Además, se pudo determinar que el impacto cardiovascular fue bajo, en la medida que todos los sujetos se ejercitaron a una intensidad aeróbica “liviana”. La percepción del esfuerzo reportada por los sujetos fue consistente con los cambios fisiológicos.

Con respecto a las capacidades coordinativas, 3 días de entrenamiento no lograron conducir a cambios significativos, pero sí se observó una tendencia a la mejora en los 3 tests utilizados.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- American College of Sports Medicine. (2014). *Manual ACSM para la valoración y prescripción del ejercicio año.* Paidotribo.
https://books.google.com.uy/books/about/Manual_ACSM_para_la_valoraci%C3%B3n_y_prescr.html?id=iGTDDwAAQBAJ&redir_esc=y
- 2- Arenas, M., Bravo, C. (2014). Efectividad de la plataforma Wii Fit en la mejoría del equilibrio y coordinación en pacientes con parálisis cerebral hemiparética. Ensayo clínico, controlado, randomizado y simple ciego. *Rehabil. integral*, 9(1), 17-25.
<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-774857?lang=es>
- 3- Advocated Aurora Health (2020). *Borg Rating of Perceived Exertion.*
<https://ahc.aurorahealthcare.org/fywb/x42968.pdf>
- 4- Barbany, J. (2002). *Fisiología del ejercicio físico y del entrenamiento.* Paidotribo
- 5- Beltrán, V., Valencia, A., y Molina, J. (2011). Los videojuegos activos y la salud de los jóvenes: revisión de la investigación. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y Deporte*, 10(41), 203-219.
<http://cdeporte.rediris.es/revista/revista41/artvideojuegos190.pdf>
- 6- Borg, G. (1962). Physical performance and perceived exertion. *Studia Psychologica et Paedagogica, Series altera, Investigationes XI.* Lund, Sweden: Gleerup.
<http://www.psychology.su.se/staff/gbg/>
- 7- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*, 2(2), 92–98. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5523831/>

- 8- Borg, G. (1985). An introduction to Borg's RPE-scale. Ithaka, NY: Mouvement Publications. <https://coachsci.sdsu.edu/csa/vol15/borg.htm>
- 9- Borg, G. (1990) Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scand J Work Environ Health*, 16(1), 55- 8. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1815>
- 10- Brito-Gomes, J., Santos, M., Perrier-Melo, R., Oliveira, S. y Costa, M. (2018) A percepção subjetiva de esforço e a frequência cardíaca podem ser suficientes no controle da intensidade do esforço em jogos de vídeo games ativos. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 12 (72), 101-111. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6847632>
- 11- Burkhalter, N. (1996). Evaluación de la escala Borg de esfuerzo percibido aplicada a la rehabilitación cardiaca. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 4(3), 65-73. <https://doi.org/10.1590/S0104-11691996000300006>
- 12- Cabedo, J. y Roca, J. (2008). Evolución del equilibrio estático y dinámico desde los 4 hasta los 74 años. *Apunts Educació física y deporte*, 2(92), 15-25 <https://www.raco.cat/index.php/ApuntsEFD/article/view/300108/389577>
- 13- Chacón, R., Zurita, F., Castro, M., Espejo, T., Martínez-Martínez, A. y Linares, M. (2016). Estudio sobre la aplicabilidad de exergames para la mejora de los índices de obesidad y la imagen corporal en escolares. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 11(1), 97-105. <https://www.redalyc.org/pdf/3111/311143051011.pdf>
- 14- Cougo, R., Becker, T., Corrêa , S., Both, D., y Schwanck , M. (2017). Sessão de exercícios com o Nintendo Wii: comportamento das variáveis hemodinâmicas, gasto calórico e sensação subjetiva de esforço. *Revista De Terapia Ocupacional Da*

- 15- Deutsch, J., Brettler, A., Smith, C., Welsh, J., John, R., Guarnera-Bowlby, P., & Kafri, M. (2011). Nintendo Wii Sports and Wii Fit Game Analysis, Validation, and Application to Stroke Rehabilitation. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 18(6), 701–719.
<https://doi.org/10.1310/tsr1806-701>
- 16- De Vasconcelos, T. (2009). *Estudo do equilibrio estático e dinamico em individuos idosos.* [Tesis de maestría, Facultade de Desporto].
https://sigarra.up.pt/fep/en/pub geral.show_file?pi_doc_id=340
- 17- Fort, A. & Romero, D. (2013). Rol del sistema sensoriomotor en la estabilidad articular durante las actividades deportivas. *Apunts Med Esport*, 48(178), 69-76.
<https://www.apunts.org/en-pdf-X0213371713095325>
- 18- Gil-Gómez, J., Lloréns, R., Alcañiz, M. y Colomer, C. (2011). Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury. *Journal of NeuroEngineering Rehabilitation*, 8(30), 1-9.
<https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-8-30>
- 19- González, F. (2012). *Eficacia de un programa de entrenamiento físico y cognitivo basado en nuevas tecnologías en población mayor saludable y con signos de Deterioro Cognitivo Leve: Long Lasting Memories* [Tesis de doctorado, Universidad de Salamanca]
https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/121167/DPETP_Gonz%c3%a1lezPalauF%c3%a1timi_Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 20- Greenwood, P., & Parasuraman, R. (2010). Neuronal and cognitive plasticity: a neurocognitive framework for ameliorating cognitive aging. *Frontiers in Aging*

Neuroscience, 2(150). 1-14.

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnagi.2010.00150/full>

21- Grosser, M. y cols. (1991). *El movimiento deportivo*. Martínez Roca.

22- Guías Nintendo (2020). *Test de equilibrio*.

https://www.guiasnintendo.com/2a_WII/wii_fit_plus/wii_fit_plus_sp/test_equilibrio.html

23- Hernández-Sampieri, R; Fernández, C. y Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL Interamericana Editores.

<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

24- Jones, S., Nyberg, L., Sandblom, J., Stigsdotter, A., Ingvar, M., Magnus, K.y Backman, L. (2006). Cognitive and neural plasticity in aging: general and task-specific limitations. *Neuroscience Biobehavioral Reviews*, 30(6), 864-871.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0149763406000510?via%3Dhub>

25- Juca, F. (2018). Los exergames como alternativa para la gamificación de las actividades curriculares de los nativos digitales. *Revista Ciencia, Técnica y Mainstreaming social*. núm 2, 149-156. <https://polipapers.upv.es/index.php/citecma/article/view/9160/9844>

26- Kandel, E. (1997). *Neurociencia y conducta*. Prentice Hall

27- Linda J. (2019). *Cómo tomar el pulso en la muñeca*. Medlineplus.
<https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientimages/000309.htm>

- 28- Massafret, M. y Segrés, R. (2010). *Procesos coordinativos, optimización de la técnica.* Apuntes del master profesional en alto rendimiento deportivo de deportes de equipo.
<https://es.slideshare.net/diego0549/coordinacion-y-tecnica-56169257>
- 29- Minkevich, O. (2015). *Glosario de Educación Física.* Miño y Dávila.
- 30- Mirallas, J. (2010). *Vocabulario terminológico de la educación física y de las ciencias aplicadas al deporte.* IdeaSporTraining.
<https://www.mirallas.org/Esport/Vocabulario09web.pdf>
- 31- Mora, J. (1989). *Las capacidades físicas o bases del rendimiento motor.* Cabildo Insular de Gran Canaria.
- 32- Morgan, W. (1973). Psychological factors influencing perceived exertion. *Medicine and science in sports*, 5(2), 97–103.
- 33- Nilsagard, Y., Forsberg, A., & von Koch, L. (2012). Balance exercise for persons with multiple sclerosis using Wii games: a randomised, controlled multi-centre study. *Multiple Sclerosis Journal*, 19(2), 209–216.
sci-hub.se/10.1177/1352458512450088
- 34- Pascual-Castroviejo, I. (1996). Plasticidad cerebral. *Revista de neurología*, 24(135), 1361-1366. <http://www.psicomag.com/biblioteca/1996/Plasticidad%20Cerebral.pdf>
- 35- Peñasco, B., de los Reyes, G., Gil, Á., Bernal, A., Pérez, B., y de la Peña, A. (2010). Aplicación de la realidad virtual en los aspectos motores de la neurorrehabilitación. *Revista De Neurología*, 51(8), 481-488. doi:[10.33588/rn.5108.2009665](https://doi.org/10.33588/rn.5108.2009665)
- 36- Purves, D., Augustine, G., Fitzpatrick, D. Hall, W., LaMantia, A., & White L. (2015). *Neurociencia.* Editorial Médica Panamericana.

- 37- Rohenkohl, M. (2011). Análise do equilíbrio após intervenção com Nintendo® Wii Balance Board. *Revista Digital EFDeportes.com*, 15(154).
<https://www.efdeportes.com/efd154/equilibrio-com-nintendo-wii-balance-board.htm>
- 38- Ruiz, A., López, S., Suárez, S. y Martínez, E. (2018). Videojuegos activos y cognición. Propuestas educativas en adolescentes. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21(2), 285-303.
https://www.researchgate.net/profile/Alberto_Ruiz-Ariza/publication/325573777_Videojuegos_activos_y_cognicion_Propuestas_educativas_en_adolescentes/links/5c22c35a299bf12be39a04bc/Videojuegos-activos-y-cognicion-Propuestas-educativas-en-adolescentes.pdf
- 39- Sáez, F. y Gutiérrez, A. (2007). Los contenidos de las capacidades condicionales en la educación física. *Revista de Investigación en Educación*, 4, 36-60.
<http://reined.webs.uvigo.es/index.php/reined/article/view/34/23>
- 40- Sanz, E., Barona, R., Comeche, C. y Baydal, M. (2004). Análisis de la interacción visuo-vestibular y la influencia visual en el control postural. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 55(1) 9-16.
<https://www.elsevier.es/es-revista-acta-otorrinolaringologica-espanola-102-articulo-analisis-interaccion-visuo-vestibular-influencia-visual-S0001651904784769>
- 41- Sarnat, H. (1992). Cerebral plasticity in embryological development. Fetal and perinatal Neurology. Bassel Karger, 118-131
- 42- Sohlberg, M., & Mateer, C. (2001). *Cognitive rehabilitation: An integrative neuropsychological approach*. Guilford Press.

- 43- Solana, A. y Muñoz, A. (2011). Importancia del Entrenamiento de las Capacidades Coordinativas en la Formación De Jóvenes Futbolistas. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades*, 21 (2), 121-142.
<https://www.redalyc.org/pdf/654/65423606010.pdf>
- 44- Souza, R., Lucas Gonçalves, L., Silva, P., Fernandes, F. y Wellington, R. (2013). Respostas cardiovasculares agudas em ambiente virtualmente simulado pelo Nintendo Wii. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 15(1), 60-70.
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/rbcdh/article/view/1980-0037.2013v15n1p60/23907>
- 45- Steffen, T. (2012). *Test and Measures*. Exercisepd.
<http://www.exercisepd.com/uploads/3/5/3/1/3531021/romberg.nov2012.pdf>
- 46- Straker, L., Howie, E., Smith, A., Jensen, L., Piek, J., & Campbell, A. (2015). A crossover randomised and controlled trial of the impact of active video games on motor coordination and perceptions of physical ability in children at risk of Developmental Coordination Disorder. *Human Movement Science*, 42, 146–160.
sci-hub.se/10.1016/j.humov.2015.04.011
- 47- Trujillo, J., Muñoz, J., Villada, J. (2013). Exergames: una herramienta tecnológica para la actividad física. *Revista Médica de Risaralda*, 19 (2), 126-130.
<https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistamedica/article/view/8527>
- 48- Vargas, M. (2008). *Influencia de los videojuegos en la personalidad*. Universidad de Málaga. http://www.lcc.uma.es/~afdez/ACTAS_MATVI_2008.pdf#page=125
- 49- Wilmore J., y Costill D. (2004). Fisiología del esfuerzo y del deporte. Paidotribo.
- 50- Yang, J (2014) Influences of motor contexts on the semantic processing of action related language. *Cognitive, affective & behavioral neuroscience*, 14 (3), 912-922. doi: [10.3758/s13415-014-0258-y](https://doi.org/10.3758/s13415-014-0258-y)

- 51- Zamarrón, M., Tárraga, L. & Fernández-Ballesteros, R. (2009). Cognitive plasticity in Alzheimer's disease patients receiving cognitive stimulation programmes. *Psychology in Spain*, 13(1), 48-54.
https://www.researchgate.net/publication/23143781_Cognitive_plasticity_in_Alzheimer's_disease_patients_receiving_cognitive_stimulation_programs

11. ANEXO

i. Juegos

JUEGOS WII FIT UTILIZADOS EN EL PROTOCOLO								
Movilidad articular	Kung-fu rítmico	Boxeo rítmico	Step dance	Consigue un 10	Carreras de obstáculos	Hula hula		
Capacidades trabajadas	C, E, R.	C, E, R, fuerza extremidades superiores	C, E, R, F	C y E. Razonamiento matemático	C, E, R.	C, E, R.		
De precisión y equilibrio	Plataformas plus	Río abajo	Eslalom de esquí		Ciudad vaivén			
Capacidades trabajadas	E, C	E, C ,R.	C, E.		C, coordinación oculo-manual, E.			
De velocidad de reacción (postural):	Bolas de nieve			Cabeceos				
Capacidades trabajadas	E, C, Resistencia neuromuscular			E, C, Resistencia neuromuscular				

Tabla 3- Juegos Wii Fit usados en el protocolo. (Datos extraídos de Deutsch, J (2011) Nintendo Wii Sports and Wii Fit Game Analysis, Validation, and Application to Stroke Rehabilitation.) C= coordinación . E= Equilibrio. R=Resistencia. F= Fuerza

<i>JUEGOS WII PARTY UTILIZADOS EN EL PROTOCOLO</i>	
De coordinación oculo-manual	Capacidades trabaja
Pizza a domicilio	coordinación oculo-manual
Ases del aire	coordinación

C= coordinación, coordinación oculo-manual, Equilibrio. Resistencia. Fuerza